Cursinho Livre da Norte - Ciências da Natureza - Biologia

Aula 3 - Genética

Genética Mendeliana

Na aula desta semana conheceremos a genética, partindo da sua visão histórica, além de ensinar como se resolvem algumas questões. Por esse motivo vamos começar a parte histórica já na Idade Média. Mas isso não quer dizer que esses conhecimentos foram criados nesse momento. Muito do que está aqui é resultado da construção histórica e tem sua origem ainda mais longe no passado.

Aqui, ligado à hereditariedade, conseguimos observar duas formas distintas de se interpretar os seus mecanismos. A primeira é derivada do pensamento **essencialista** que colocava a essência de todos os seres vivos como a criação do Deus católico. Com isso se crê que todos os membros de uma mesma espécie compartilham de uma mesma essência, e a transmissão de características aos descendentes é vista como algo óbvio, e não como um problema a ser questionado e estudado.

Apesar do processo de hereditariedade em si não ser questionado, a variação entre espécies diferentes é um grande objeto de interesse para os naturalistas. E esse foco no estudo das espécies despertou novamente o interesse sobre a hereditariedade.

Hoje a hereditariedade é normalmente estudada pela biologia, mas essa só vai ser criada no século XIX. Até lá existiam duas áreas que se aproximavam desse ramo de estudo e analisavam o mundo vivo: a medicina e a história natural. Essas tinham como foco na área da hereditariedade respectivamente: o estudo do desenvolvimento dos seres humanos e o estudo da diversidade da natureza.

Duas observações foram importantes nessa área de estudo entre os séculos XVII e XVIII. A primeira foi obtida após inúmeras dissecações nos ovários de fêmeas vivíparas, que são aquelas que os embrioẽs se desenvolvem dentro do seu corpo. Nos ovários observaram pequenas massas com um líquido semelhante à clara do ovo, que ficava amarelo após a cópula. E com isso passou a se considerar que todas as fêmeas possuíam ovos. Esses ovos seriam aquilo que chamamos atualmente de **óvulos**. Já a segunda observação tem relação com a análise do sêmen no microscópio. Aqui observaram pequenos “vermes”, chamados hoje de

espermatozóides, que poderiam estar relacionados de alguma forma na reprodução.

Usando essas observações e o conhecimento que já existia até esse momento, duas escolas de pensamento se desenvolveram: o **preformismo** e a **epigênese**.

Os preformistas de forma geral aceitavam que todos os embriões foram criados por Deus no início dos tempos e permaneceram neste estado até o seu desenvolvimento. Alguns deles acreditavam que esse embrião estava no óvulo e outros que estava no espermatozóide.

Já os seguidores da epigênese acreditavam na formação do embrião pela mistura das sementes masculinas e femininas. Eles interpretavam que essas, apesar de expelidas pelos sistemas reprodutores, não eram produzidas por eles, mas sim por todos os órgãos do indivíduo, que produziriam as partes dessas substâncias e levariam aos órgãos genitais. Assim o produto final conteria impressões dessas diferentes partes.

A formação do novo indivíduo aconteceria com a união das células reprodutoras masculina e feminina no interior do útero, onde aconteceria a mistura entre essas impressões de todas as partes de ambos os corpos.

Esses dois pensamentos influenciaram novas autoras e autores que desenvolveram estudos relacionados à hereditariedade. Um deles que vemos com maior foco na educação básica é o **Gregor Mendel**, que apresentava uma teoria derivada da epigênese.

Como esse texto tem como objetivo apresentar o processo histórico que é cobrado pelo vestibular, não vou apresentar outros autores anteriores que foram tão importantes quanto o Mendel, mas para contextualizarmos melhor, vamos olhar brevemente suas principais influências para entendermos como se deu seu estudo principal.

Gregor Mendel (1822-1884) obteve uma formação inicial em Filosofia na cidade de Brno, que hoje faz parte da Tchéquia e em 1843 foi admitido como noviço no Monastério de St Thomas. De 1851 a 1853 estudou na Universidade de Viena, e lá teve conhecimento dos estudos histológicos, evolutivos, matemáticos e

estatísticos da época. Além disso atuou como demonstrador no instituto de física, e ficou familiarizado com o enfoque experimental dessa área.

Com o fim dos estudos, Mendel retornou ao monastério de Brno e realizou seu principal trabalho com **ervilhas** entre os anos de 1856 e 1863. Em 1865 apresentou seus resultados na Sociedade de História Natural de Brno e publicou como artigo no ano seguinte.

No início deste trabalho, Mendel explica que diferentes autores anteriores à ele já observaram que quando se cruza indivíduos de duas espécies próximas com características diferentes existe uma regularidade nas características que surgem nos descendentes. Esses autores realizaram trabalhos tentando explicar isso, mas não conseguiram chegar à uma lei geral que fosse aplicável ao desenvolvimento desses híbridos. Coisa que não surpreendia os próprios autores da época, que reconheciam a complexidade envolvida nesse trabalho.

Mendel, por exemplo, nos diz que só seria possível chegar a alguma conclusão sobre a hibridização de plantas quando fossem realizados trabalhos com as mais diferentes ordens. E para ajudar nesse caminho, ele começa seus estudos com ervilhas.

Por que ele escolheu as ervilhas?

Mendel analisou o trabalho dos autores anteriores e percebeu que faltavam neles três pontos que ele considerou importante: determinar o número de formas diferentes que apareceriam nos híbridos; classificar essas formas com segurança ao longo das gerações; e estabelecer suas relações estatísticas com precisão. E assim começou a sua pesquisa de oito anos.

Partindo disso, esse grupo de plantas deveria possuir características que fossem fáceis de se diferenciar e se mantivessem constantes nas gerações, para facilitar o reconhecimento durante o estudo, e deveria ter uma estrutura floral que dificultasse a polinização por pólen estranho. Mendel escolheu um grupo de plantas que apresentava todas essas características e já eram bastante utilizada por autores nessa época, que são as plantas do gênero *Pisum*, conhecidas popularmente como ervilhas.

Antes de começar seus experimentos, algo que vários autores já tinham notado nesse período, é que em alguns casos quando se cruzavam duas plantas

em que cada uma tivesse uma característica diferente em uma determinada estrutura, uma dessas características se acabava aparecendo nos descendentes híbridos e o outro não aparecia.

O que isso quer dizer? Vamos pegar como exemplo duas características utilizadas por Mendel em sua pesquisa: alguns indivíduos tinham suas sementes lisas, e outros tinham suas sementes rugosas. Quando se cruzava um indivíduo com a semente lisa com outro de semente rugosa, todos os descendentes nasciam com as sementes lisas. O objetivo do trabalho do Mendel era tentar entender o motivo que levava à isso e criar uma lei que tornasse previsível o surgimento dessas características em híbridos.

Antes de começarmos a analisar os experimentos de Mendel em si, vou introduzir uma nomenclatura para facilitar a separação entre as gerações estudadas. A geração parental, que é a geração dos primeiros indivíduos que vão ser cruzados para gerar os híbridos, é chamada de Geração P. A geração dos primeiros híbridos é chamada de F1, e as gerações seguintes de F2, F3, e por aí vai.

A primeira coisa que Mendel fez foi estudar muitas variedades de ervilha e escolher nelas sete pares de características que fossem fáceis de notar a diferença, sendo eles:

1. Semente lisa ou rugosa;
2. Cor do endosperma amarelo ou verde;
3. Tegumento branco ou cinza;
4. Vagem lisas ou rugosas;
5. Vagem não madura verdes ou amarelas;
6. Posição das flores axiais ou apicais;
7. Comprimento do caule longo ou baixo.

O primeiro passo do seu trabalho foi separar diferentes indivíduos para cada uma dessas 14 características, realizar o cruzamento entre os pares e anotar os resultados exatos de como essas características apareceriam nos descendentes.

Na geração F1, todos os híbridos de cada um dos sete pares apresentaram apenas uma das características. Retomando o exemplo citado anteriormente, no

cruzamento dos indivíduos de semente lisa com indivíduos de semente rugosa nascem híbridos só com as sementes lisas.

Essas características que se destacaram nessa geração passam a ser chamados por Mendel de “**dominantes**”, e os que não apareceram nessa geração foram chamados de “**recessivos**”.

	Forma da semente	Cor da semente	Cor da casca semente	Forma da vagem	Cor da vagem	Posição das flores	Altura das flores
Dominante	Lisa	Amarela	Cinza	Inflada	Verde	Axilar	Alta
Recessivo	Rugosa	Verde	Branca	Comprimida	Amarela	Terminal	Baixa

Imagem 1. Características estudadas por Mendel dominantes e recessivas.

A partir de agora, para encurtar a explicação dos experimentos, vamos acompanhar apenas os resultados ligados com as características da forma da semente, já que ele obteve resultados muito próximos com os outros pares.

Daqui em diante Mendel vai fazer a autofecundação de cada indivíduo híbrido. Na primeira geração de descendentes dos híbridos, a F2, aquelas características que desapareceram na geração anterior voltam a aparecer. Mendel calcula a proporção média dessa geração e percebe que existem para cada 3 indivíduos da característica dominante, 1 com a característica recessiva.

Novamente Mendel faz a autofecundação desses novos indivíduos, criando assim a geração F3. Aqui acontece algo diferente entre os indivíduos que nasceram da autofecundação dos indivíduos recessivos para os que nasceram da

autofecundação dos indivíduos dominantes. 100% dos indivíduos que nasceram daqueles com o caráter recessivo o mantiveram na geração F3.

Os indivíduos da geração F3 que nasceram da autofecundação de indivíduos dominantes apresentaram um comportamento diferente. Dois terços desses ainda produziram uma descendência com a proporção de dominantes para recessivos em 3:1, enquanto um terço manteve constante a característica dominante.

Mendel pega toda essa geração F3 usando como base as características presentes na geração F2 que os deu origem e analisa sua proporção: 2/4 deles nasceram de indivíduos dominantes e apresentaram a mesma proporção de 3:1 que os primeiros híbridos possuíam, ¼ são descendentes dos recessivos da geração anterior e mantiveram a característica recessiva, e outro ¼ nasceram de indivíduos dominantes e mantiveram o caráter dominante. E Mendel chega na proporção de 2:1:1.

Analisando esses resultados, Mendel chega na sua primeira conclusão de que os híbridos da geração F1 formaram células reprodutoras que continham uma ou a outra característica. Quando acontece a fecundação entre dois indivíduos híbridos, ele pode receber tanto a característica dominante, quanto a característica recessiva. Dessa nova geração que surge, metade desenvolve novamente a forma híbrida, já que recebe uma característica recessiva e uma dominante, enquanto ¼ recebe duas características dominantes e o outro ¼ recebe duas características recessivas.

Para entendermos melhor podemos pegar a nomenclatura utilizada por Mendel e modificada com o passar do tempo por outras pessoas: atualmente usamos **A** para representar a característica dominante e **a** para representar a característica recessiva. Os indivíduos que Mendel usou na geração P eram puros para cada uma das características. Pegando essa representação, podemos mostrar os indivíduos puros para a característica dominante como **AA** e os indivíduos puros para a característica recessiva como **aa**.

Quando acontece a fecundação, cada um desses indivíduos vai transmitir apenas uma dessas duas cópias da característica para o novo indivíduo. Nesse caso, o indivíduo puro dominante daria uma das suas “cópias” da característica dominante e o indivíduo puro recessivo daria uma das suas “cópias” da

característica recessiva. Com isso, 100% dos indivíduos que nascessem desse cruzamento apresentariam uma característica dominante e uma característica recessiva, que podemos representar como um indivíduo **Aa**.

Autoras e autores que vieram depois de Mendel pegaram essa explicação e a simplificaram para facilitar a divulgação dessas ideias e criaram o conceito de **Primeira Lei de Mendel**, que nos diz que:

“Cada característica é determinada por um par de fatores que se separam na formação dos gametas, indo apenas um dos fatores do par para cada gameta, que é, portanto, puro”.

Como falei, essa lei foi criada por pessoas que vieram após Mendel. Até aqui eu não usei a palavra “gameta”, pois Mendel não usou. Mas hoje em dia usamos “gameta” como sinônimo para aquilo que Mendel chamava de “célula reprodutora”.

Agora vamos ao segundo experimento. Nele Mendel tentou analisar o que acontece quando se estuda dois pares de características ao mesmo tempo.

Para isso, criou um indivíduo híbrido ao mesmo tempo para a textura da semente como fez antes e para a cor de seu endosperma, que poderia ser verde ou amarelo. Para produzir o híbrido pegou um grupo de indivíduos puros para as características dominantes, que seriam a forma lisa e o endosperma amarelo (**AABB**) e cruzou com um grupo de indivíduos puros com as características recessivas, sendo essas a textura rugosa e o endosperma verde (**aabb**). Como resultado já esperado, os híbridos tiveram suas sementes lisas com o endosperma amarelo (**AaBb**).

Para ter certeza se sua hipótese anterior, que vimos naquilo que virou a Primeira Lei, era válida, Mendel formulou quatro experimentos em que cruzaria esses novos híbridos com indivíduos distintos. Eu não vou colocar todos aqui, mas vamos pegar um dos exemplos para aprendermos algumas nomenclaturas e cálculos que caem no vestibular.

Em um desses experimentos, Mendel cruzou os indivíduos híbridos para as duas características (**AaBb**) com indivíduos puros para as características recessivas (**aabb**). Atualmente utilizamos esse esquema que está abaixo para representar as possibilidades de cruzamento. Isso é o que chamamos de Quadro de Punnett. Você não precisa decorar o nome, mas aprender como ele funciona vai te ajudar muito.

A ideia do Mendel era que, se ele estivesse certo, e cada gameta carregasse apenas uma das duas características que formava cada indivíduo, seria possível calcular as possibilidades desse cruzamento. E é justamente com esse quadro que podemos observar.

Vamos começar analisando a forma da semente. Como vimos, utilizamos o **A** para representar a característica dominante - a semente lisa -, e o **a** para representar a característica recessiva - a semente rugosa.

	A	**a**
a		
a		

O par de características do híbrido é composto por uma lisa e uma dominante, daí utilizamos o **Aa** como representação. No quadro de Punnett, colocamos as duas características aqui na primeira linha. Já o indivíduo puro recessivo, que foi cruzado com ele, tem seu par formado por duas características recessivas, e ele colocamos na coluna da esquerda.

Como vemos na primeira lei de Mendel, cada um dos pares da característica do indivíduo vão se separar na formação dos gametas. E também vimos que, quando o novo indivíduo se forma, ele recebe uma das características que vai formar o seu par vindo de cada um dos seus pais. No quadro, representamos isso ao colocar em cada uma das linhas em branco, as duas características que estão, tanto na sua esquerda, que veio de um dos pais, quanto acima, que veio do outro.

	A	**a**
a	Aa	aa
a	Aa	aa

Nesse exemplo conseguimos observar que, das quatro possibilidades, só duas apresentaram características dominantes. Isso quer dizer, que de todos os descendentes possíveis, só a metade vai apresentar a característica dominante, nesse exemplo, sendo a forma lisa da semente. Já a outra metade, vai apresentar a

características recessiva, sendo essa, a semente rugosa, já que ela só aparece quando ambas as características do par são recessivas.

Nas questões do vestibular ou em alguns textos você pode encontrar alguns nomes específicos para falar sobre essas duas situações. Quando um indivíduo possui o par de características formadas por iguais, é normal encontrarmos a palavra “homozigoto”. Já quando encontramos um par formado por duas características diferentes entre si, elas são chamadas de “heterozigoto”.

Também podemos utilizar esse quadro para apresentarmos a proporção matemática. Como vimos, esse quadro representa quatro possibilidades. Isso quer dizer que cada uma das possibilidades tem ¼ ou 25% de chance de acontecer. Como vimos, o resultado foi que duas das quatro possibilidades são que os indivíduos nasçam com a característica dominante, ou seja, semente lisa. Podemos representar isso, tanto como 2/4 de chance de acontecer, ou ½ na forma simplificada, como também podemos falar que temos 50% de chance de acontecer.

Como a outra característica também é recessiva, o quadro segue a mesma lógica:

	B	**b**
b	Bb	bb
b	Bb	bb

Temos 50% de chance de nascer indivíduos com a característica dominante, que seria o endosperma amarelo, e 50% de chance de nascer indivíduos com a característica recessiva, que seria o endosperma verde.

E como podemos calcular agora as duas características ao mesmo tempo? Na probabilidade, temos a conhecida “Regra do e”, que vai nos ajudar nisso. Por exemplo, como podemos saber qual a probabilidade de um indivíduo nascer com a característica dominante tanto para forma da semente como para a cor do endosperma?

Vimos que temos tanto ½ de chance do indivíduo nascer com a semente lisa, quanto ½ de chance de nascer com o endosperma amarelo. Essa “Regra do e” nos fala que só precisamos multiplicar ambas as probabilidades. No caso, teríamos ½ X

½ = ¼ de chance. Quando multiplicamos as frações, precisamos multiplicar ambos os números de cima, que chamamos de numeradores. Da mesma forma, se multiplica os número de baixo, os chamados denominadores.

Um exercício interessante para você pode fazer é responder: nesse caso que apresentei, qual a probabilidade de nascerem indivíduos com a semente lisa e endosperma verde?

Antes de fazer esse experimento, cruzando o indivíduo heterozigoto para ambas as características com um indivíduo homozigoto recessivo para ambas as características, Mendel seguiu essa lógica e obteve como resultado um número igual entre ervilhas lisas e amarelas (**AaBb**), lisas e verdes (**Aabb**), rugosas e amarelas (**aaBb**) e rugosas e verdades (**aabb**).

Ao realizar os cruzamentos obteve como resultado: 31 sementes lisas e amarelas, 26 lisas e verdes, 27 rugosas e amarelas e 26 rugosas e verdes, o que nos mostra que se aproximou muito do esperado.

E com isso ele conseguiu confirmar tanto a sua afirmação anterior que deu origem à Primeira Lei de Mendel, como confirmou a sua suspeita de que cada par de características seriam independentes uns dos outros. Essa nova afirmação deu origem à **Segunda Lei de Mendel**:

“Na formação dos gametas, o par de fatores responsáveis por uma característica separa-se independentemente de outro par de fatores responsável por outra característica.”

E esse é o resumo do trabalho do Mendel.

No texto sobre evolução vimos que existe uma representação gráfica da ligação evolutiva entre diferentes grupos. Agora vamos ver a representação gráfica que apresenta o aparecimento de certas características no histórico familiar, que chamamos de “heredograma”.

Como vemos na Imagem 1, cada símbolo apresenta um determinado significado. Quadrados representam indivíduos de sexo masculino, círculo de sexo feminino e os losangos, indivíduos de sexo indefinido. Quando temos uma linha horizontal ligando dois indivíduos, temos a indicação de que são um casal. Quando uma linha vertical sai dessa linha horizontal, temos a indicação de que novos indivíduos nasceram desse casal.

Cada heredograma representa uma determinada característica estudada, e ela pode ser tanto dominante como recessiva, e existem algumas dicas para identificar quando se a característica é dominante ou recessiva.

Quando quando temos dois indivíduos sem a característica gerando descendentes com ela, podemos concluir que ela é recessiva, pois se fosse dominante um dos pais deveria ter a característica, como podemos ver na Imagem 2.

Já quando temos dois indivíduos com a característica que geram um descendente que sem ela, sabemos que a característica é dominante, pois, se fosse recessiva todos os descendentes nasceriam obrigatoriamente com a característica, já que todas os gametas de ambos os progenitores seriam recessivas, como podemos ver na Imagem 3.

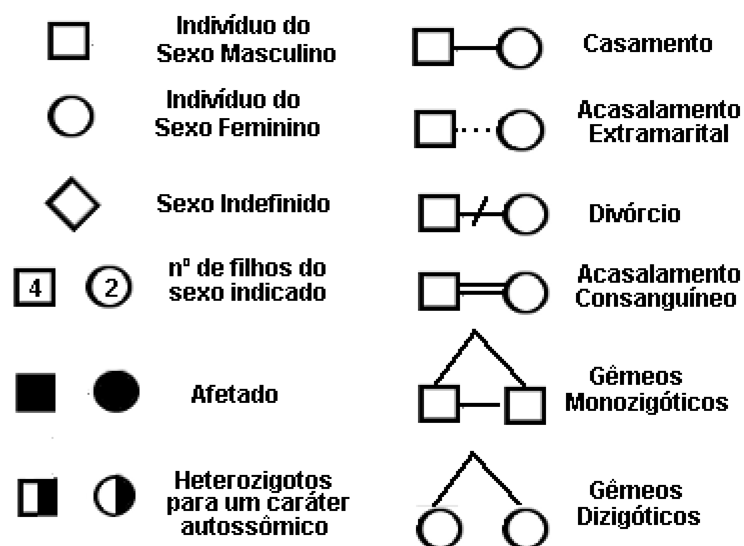


Imagem 2. Significado de alguns dos símbolos utilizados.

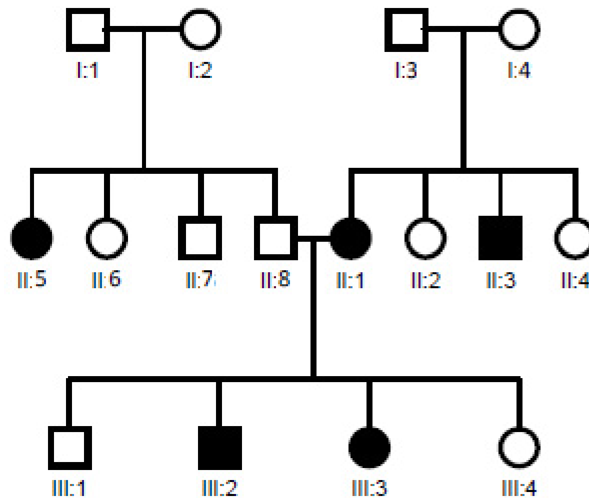


Imagem 3. Exemplo de heredograma com uma característica recessiva.

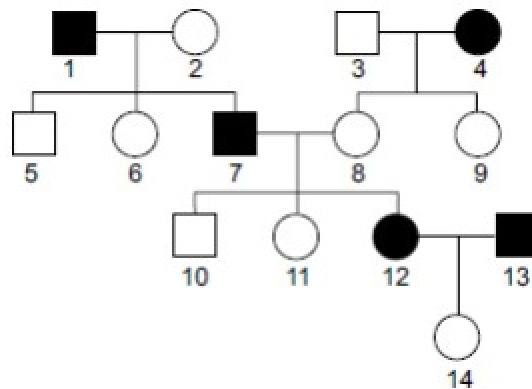


Imagem 4. Exemplo de heredograma com uma característica dominante.

Genética Molecular

Da época de Mendel aos dias de hoje, muito do nosso conhecimento sobre o que guia as características hereditárias mudou. Você muito provavelmente já ouviu falar sobre DNA e sua relação com isso, seja nas aulas de ciências e biologia na escola, seja em livros, filmes ou programas de TV. Mas o que é o DNA?

Em um resumo podemos falar que o DNA é responsável por armazenar a informação genética dentro dos núcleos de todas as nossas células. Essa informação é única em cada pessoa e é responsável, depois de serem reguladas e traduzidas, por criar todas as nossas características.

Hoje sabemos que o DNA é uma macromolécula. Uma macromolécula é basicamente uma molécula muito longa composta por várias partes menores que se repetem. Algo próximo de um grande trem com seus vagões. No DNA, no lugar dos

vagões, são moléculas chamadas de nucleotídeos que se repetem por longas distâncias. Para caber dentro do núcleo das nossas células, o DNA é enrolado em proteínas especiais e forma aquilo que chamamos de cromossomos. Para você ter uma noção, se esticássemos todo o DNA de uma só célula, teríamos cerca de 2m de DNA!

Mesmo assim, não conseguimos enxergar com detalhes suas pequenas partes repetidas nem com o melhor dos microscópios, por isso produzimos **modelos** de como devem usando como base medições indiretas.

Atualmente, aceitamos o modelo de que essas moléculas de DNA são compostas por duas cadeias de nucleotídeos que se ligam entre si, ficando com o formato que chamamos de **dupla hélice** (Como vemos na Imagem 5). Esse modelo foi publicado por James Watson e Francis Crick na Revista Nature em 25 de abril de 1953 e os fez ganhar o prêmio Nobel de 1962. Mas apesar de sua publicação ter sido feita por estes autores, não podemos dizer que eles foram os "descobridores" do DNA, como muito se vê na mídia.

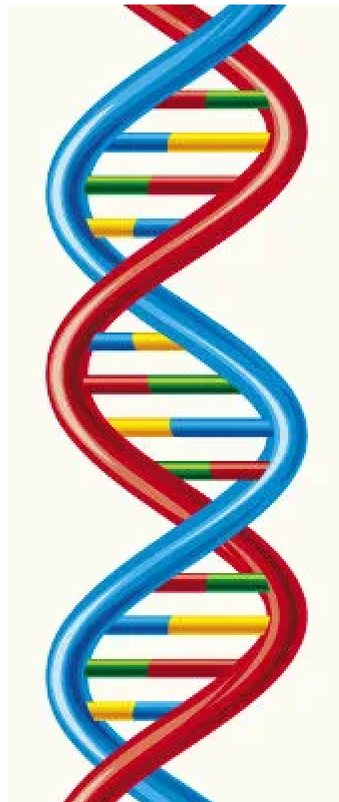


Imagem 5. Modelo de "dupla hélice" do DNA.

Se pensarmos no DNA simplesmente como o material que é responsável pela hereditariedade e que existe no núcleo das células, já temos relatos sobre essa ideia na década de 1880.

Se não podemos falar que eles são os descobridores do DNA, então podemos falar que eles descobriram a dupla-hélice do DNA? Afinal, era isso que tava no artigo deles. E a resposta continua sendo: **não**.

A ciência como um todo é construída com o debate sobre o que já foi dito pelas pessoas que vieram antes. O mesmo acontece com a genética. Desde a antiguidade o ser humano já tenta explicar como filhas e filhos são parecidos com as gerações anteriores.

Eu não vou voltar tanto assim, mas podemos começar pegando as referências importantes para o Watson e Crick. Em 1869, por exemplo, Friedrich Miescher (1844-1895), um médico e fisiologista que estudava células purulentas, extraiu pela primeira vez aquilo que chamamos hoje de DNA e chamou de nucleína.

Esse autor não pensou que o DNA pudesse ser o material genético. Na época a comunidade científica dava esse papel para as proteínas, outras macromoléculas que podem tanto compor a estrutura das nossas células e tecidos quanto acelerar reações químicas. Na época se acreditava que o DNA era mais simples que as proteínas e esse pensamento perdurou.

Na virada do século, Albrecht Kossel (1853-1927) identificou as 4 bases nitrogenadas que fazem parte da composição do DNA: **citosina, guanina, adenina** e **timina**.

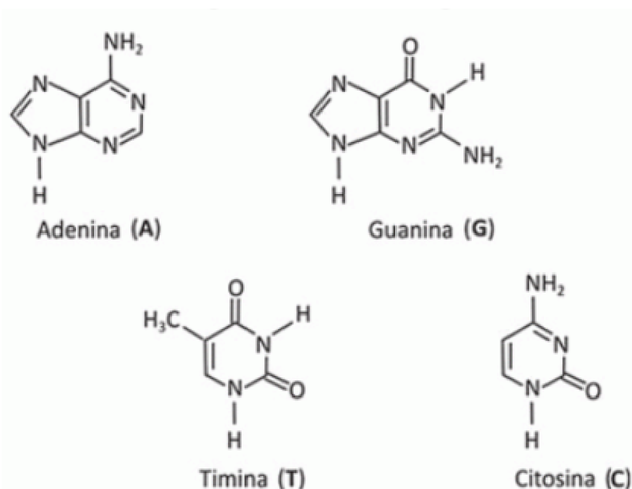


Imagem 6. As moléculas de Adenina, Guanina, Timina e Citosina.

Com base nisso o autor Phoebus Aaron Levene (1869-1940) criou um modelo em que o DNA era uma molécula relativamente pequena formada por um eixo de desoxirribose e fósforo, que se ligava às bases nitrogenadas (Imagem 7). Surgiu com isso a ideia de que a informação genética deveria ser transportada por quantidades diferentes de cada base. Mas Levene indicou que o DNA sempre tinha quantidades iguais das quatro bases, sendo assim, simples demais e não poderia conter a informação genética.

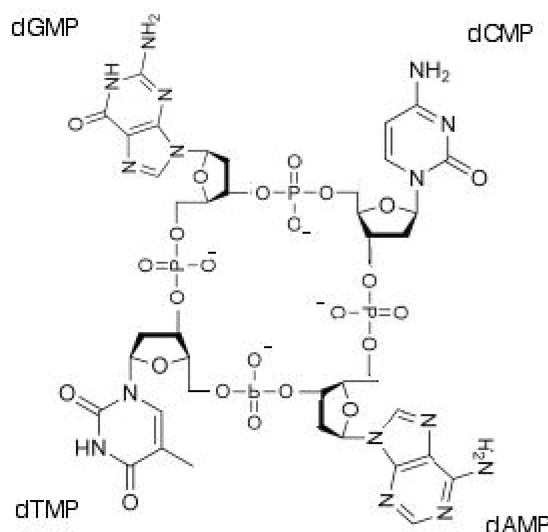


Imagem 7. Modelo criado por Levene.

Alguns teóricos, como o Erwin Scrödinger (1887-1961) em 1944, indicaram a possibilidade dos genes serem cristais que não teriam necessariamente o mesmo número de bases. Em 1949 o Erwin Chargaff (1905-2002) conduziu um experimento que mostrou que em qualquer espécie a quantidade de adenina é muito próximo ao de timina e a guanina é muito próxima da citosina, o que quebrou de vez a ideia das quatro bases do Levene.

Já na virada da década de 50, experimentos mostraram que as moléculas de DNA eram muito maiores do que se pensava, e apresentavam alguma importância na transmissão de características em microorganismos. E foi aí que a comunidade científica começou a estudar para valer a possibilidade do DNA ser a molécula responsável pela hereditariedade.

Pesquisadores de três laboratórios diferentes trabalhavam tentando entender como a desoxirribose, o fosfato e as bases nitrogenadas se ligavam entre si. Linus Pauling (1901-1904) no Caltech em Pasadena, Maurice Wilkins (1916-2004),

Rosalind Franklin (1920-1958) e outros colaboradores do King's College em Londres e Watson (1928-) e Crick (1916-2004) no Cavendish em Cambridge.

Apesar de normalmente falarem só do Watson e Crick, esses três laboratórios tiveram grande importância na construção do modelo de dupla-hélice, junto com alguns outros trabalhos que não vou citar aqui no vídeo para não prolongar muito. Mas no geral muitos físicos, químicos e biólogos se envolveram nessa missão.

Watson e Crick se basearam em vários trabalhos na hora de construir seu modelo. Aqui podemos citar o Chargaff, que estabeleceu aquela proporção das bases nitrogenadas no DNA. Da mesma forma, se basearam no trabalho da Franklin e do Wilkins, que usaram raios X e conseguiram inferir que o DNA é helicoidal (Imagem 8). E por último, no trabalho do Linus Pauling, que elaborou o modelo da estrutura de alfa-hélice das proteínas, o que inspirou a forma como Watson e Crick propuseram o novo modelo.

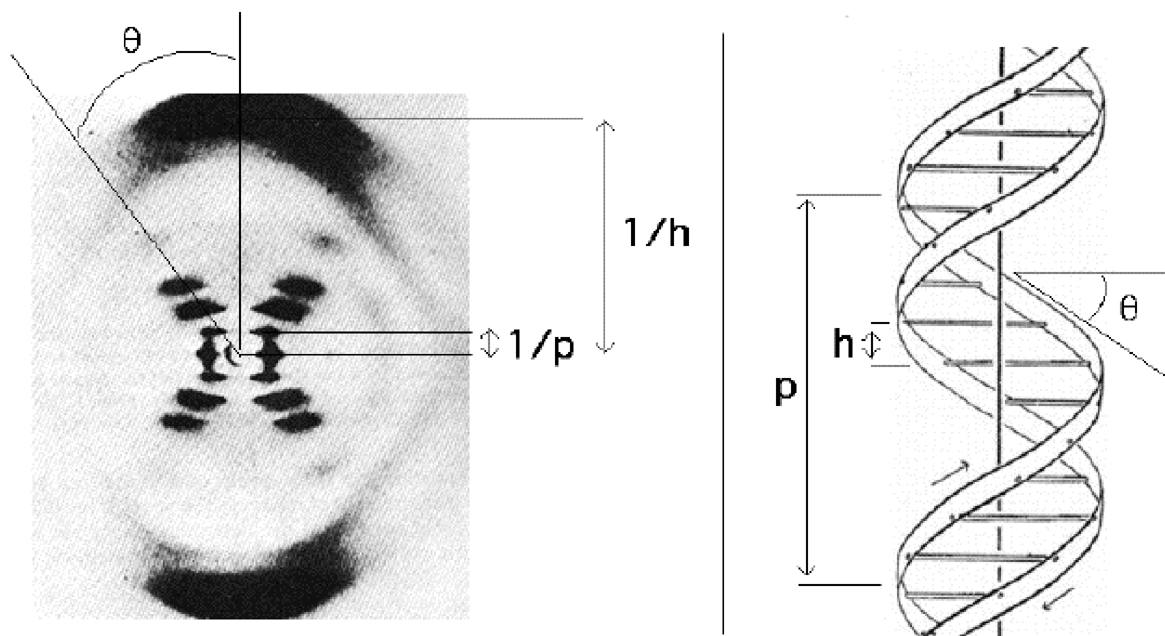


Imagem 8. Imagem obtida com raios X (esquerda) e modelo criado com base nela (direita).

Agora, vamos explicar melhor o que significa esse modelo. Como falamos no início do tópico, o DNA é uma macromolécula composta por moléculas menores que chamamos de nucleotídeos, como vemos na Imagem 9.

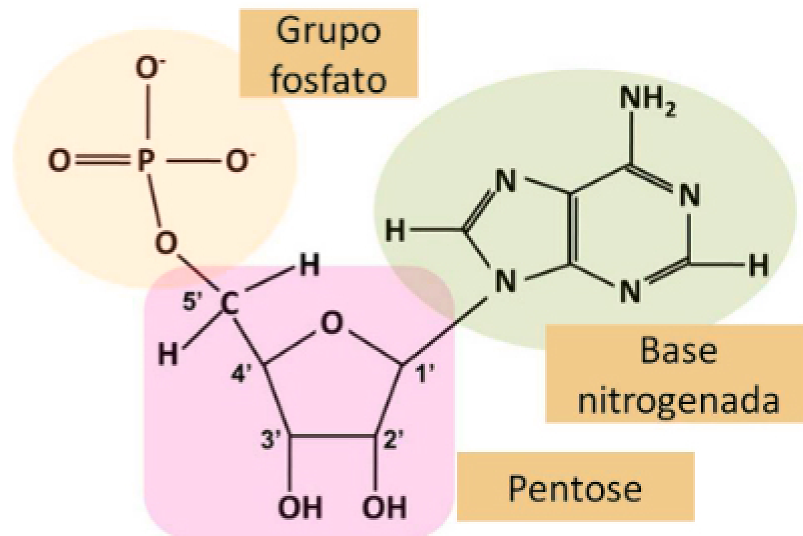


Imagem 9. Exemplo de nucleotídeo.

Cada nucleotídeo é composto por um grupo fosfato, uma pentose e uma das quatro bases nitrogenadas citadas. Na imagem 10 vemos que cada nucleotídeo se liga a outros nucleotídeos em dois pontos distintos: os grupos fosfatos (P) se ligam com as pentoses (D) de outros nucleotídeos, formando o que podemos chamar de "fita", o que vemos como a parte lateral da Imagem 8. E no centro temos as bases nitrogenadas, que sempre estarão pareadas com uma mesma outra base. Citosina sempre ligada a Guanina, e Timina a Adenina.

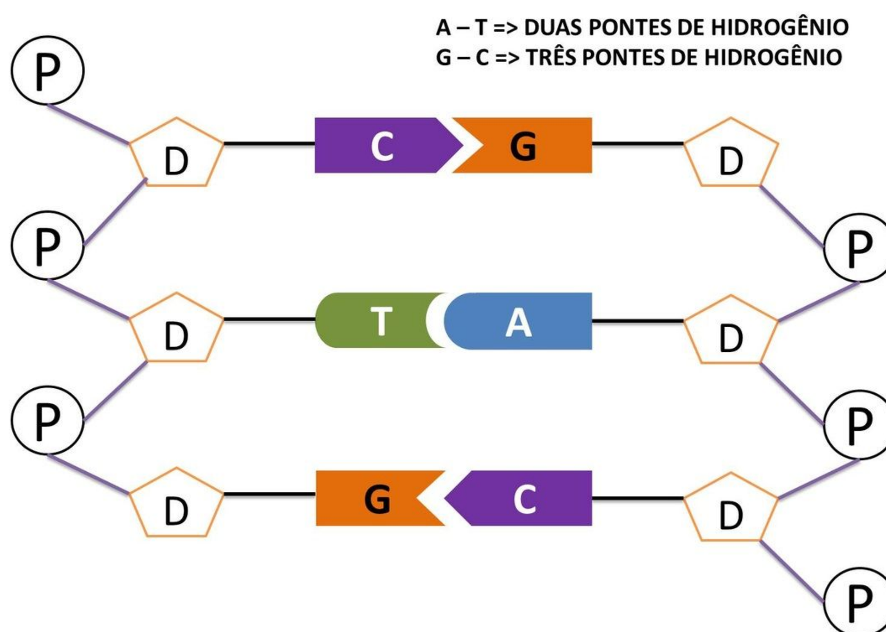


Imagem 10. Aproximação do modelo de dupla hélice do DNA.

Quando essa cadeia se alonga, a disposição não segue em linha reta como um trilho de trem, mas acabam se entrelaçando, o que deixa a molécula com o seu formato descrito pelo modelo.

No fim o Watson e o Crick ganharam o prêmio Nobel em 1962 com o Wilkins sendo reconhecido como participante importante.

A primeira dúvida que fica é “Mas a Franklin não teve a mesma importância do Wilkins nesse rolê todo? Por que ela não foi reconhecida também?”. Existem vários fatores que podem ter favorecido isso: ela ser mulher em uma época ainda mais discriminatória em relação às atividades e capacidades femininas do que hoje em dia, ela ter falecido antes da data do prêmio Nobel e outras discussões filosóficas que não cabem aqui.

Mas cabe falarmos do problema de se escolher “descobridores” de conhecimentos científicos. Quando fazemos isso, colocamos algumas pessoas num pedestal e jogamos outras com grande relevância na história da ciência para debaixo do tapete.

A dupla-hélice do DNA é um modelo que, atualmente, colocamos na categoria de “fato científico”. Só foi possível criar esse modelo com a ajuda de incontáveis pessoas, e mesmo que algumas delas tenham trabalhado diretamente no projeto, como o Watson, o Crick, a Franklin e o Wilkins, nenhum deles pode ser considerado como descobridor dessa estrutura. Simplesmente porque ela não foi descoberta, ela foi construída por inúmeras peças de quebra-cabeça. E aqui vemos a importância de citarmos todas e todos que construíram sem exceção por gênero, por raça, por classe, por clubismo e assim por diante.

E como posso falar sobre a construção do modelo do DNA sem cair nesses erros?

O mais próximo do correto seria falarmos que o Watson e o Crick são os responsáveis por construir o modelo publicado na Science, sempre apontando que só foi possível com base no trabalho das e dos diferentes cientistas contemporâneas e anteriores a eles. Se possível citando os mais próximos que trabalharam para isso, como a Franklin, o Wilkins, o Chargaff e o Pauling. Todo fato científico é construído assim. No meio da comunidade científica e com o trabalho de incontáveis pessoas.

REFERÊNCIAS

CALDAS, Joseane Mafesoni. **Uma história da hereditariedade**. 2017. https://repositorio.ufsc.br/handle/123456789/175218

CASTAÑEDA, Luzia Aurelia. História natural e as idéias de geração e herança no século XVIII: Buffon e Bonnet http://bit.ly/2Sg9AOy

DA SILVA, Marcos Rodrigues. Rosalind Franklin e seu papel na construção do modelo da dupla-hélice do DNA. **Pesquisa**, p. 297, 2007. Disponível em: http://www.abfhib.org/FHB/FHB-02/FHB-v02-18-Marcos-Silva.pdf

MAYR, Ernst. **O desenvolvimento do pensamento biológico: diversidade, evolução e herança**. Ed. UnB, 1998.

MENDEL, Gregor. Experimentos de hibridização em plantas. Tradução de M.A.Q.R. Pereira feita em 1986 a partir da tradução de William Bateson para o inglês em 1901. Verhandlungen naturforshender Verein in Brünn, hoje Brno, na atual República Tcheca, Abhandlungen, IV. 1865 http://bit.ly/2Ur8GQQ

JUNQUEIRA, Luiz C.; CARNEIRO, Jose. Biologia celular e molecular. 9ª edição. **Rio de Janeiro: Guanabara Koogam**, 2012.

LOPES, Sônia; ROSSO, Sérgio. Biologia: volume único. 2005. PRESTES, Maria Elice Brzezinksi; MARTINS, Lilian Al-Chueyr Pereira. Antes de Mendel: Joseph Koelreuter e as pesquisas de hibridização de plantas. 2016. http://bit.ly/2C3L3qJ

PRESTES, Maria Elice Brzezinksi; MARTINS, Lilian Al-Chueyr Pereira. Mendel e depois de Mendel. 2016. http://bit.ly/2NO4WGZ

SCHEID, Neusa Maria John; FERRARI, Nadir; DELIZOICOV, Demétrio. A construção coletiva do conhecimento científico sobre a estrutura do DNA. **Ciência & Educação (Bauru)**, v. 11, n. 2, p. 223-233, 2005. Disponível em: https://www.redalyc.org/pdf/2510/251019516006.pdf

WATSON, James D. et al. Molecular structure of nucleic acids. **Nature**, v. 171, n. 4356, p. 737-738, 1953. Disponível em: http://erwan.lageat.free.fr/R1/Articles/Articles%20nature/Crick%20and%20Watson%201953.doc